

Выводы

Предлагаемая технология изготовления полос переменного профиля для малолистовых рессор, учитывая отсутствие в процессе прокатки натяжения, обеспечит повышение их циклической прочности. Кроме этого значительно упрощается конструкция оборудования и снижается стоимость его изготовления.

Литература

1. Степаненко, А.В. Прокатка полос переменного профиля / А.В. Степаненко, В.А. Король, Л.А. Смирнова. – Гомель: ИММС НАНБ, 2001. – 180 с.

2. Способ изготовления заготовок изделий с переменным по длине профилем и устройство для его осуществления : пат. 434 Респ. Беларусь, В21Н7/00 / А.В. Степаненко, В.А. Король, Г.А. Исаевич; заявитель БГПА. – № 4076902; заявл. 01.07.86; опубл. 03.06.95; Офиц. бюл. // Изобретения, полезные модели. Промышленные образцы. – 1995. – №1. – С. 30.

УДК 621.7.044

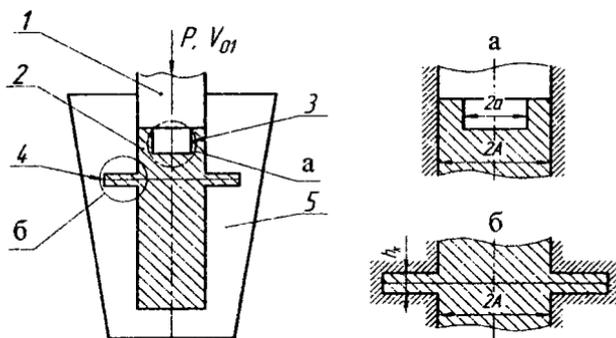
М.В. КУДИН, канд. техн. наук,
И.В. КАЧАНОВ, д-р техн. наук,
С.А. ЛЕНКЕВИЧ (БНТУ)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СКОРОСТНОГО УДАРНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛОСТЕЙ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

Традиционные способы изготовления формообразующих полостей в деталях технологической оснастки, такие, как холодное и полугорячее выдавливание, исчерпали свои возможности в части обработки высокоуглеродистых и легированных сталей из-за высоких удельных давлений выдавливания. В этой связи большими потенциальными возможностями обладают технологические процессы, основанные на использовании высоких скоростей деформирования.

В связи с тем, что высокоскоростная штамповка обеспечивает получение точных заготовок с повышенными механическими свойствами, она может быть использована как технологический процесс изготовления штампового инструмента.

Процесс изготовления формообразующего штампового инструмента типа «Матричная вставка» заключается в скоростном ударном воздействии пуансона *1* на заготовку *2* (рисунок 1). Путем высокоскоростного ударного воздействия происходит одновременно выдавливание полости *3* и затекание в кольцевую проточку *4*. Заготовку *2* выполняют составной из двух частей, при этом нижняя часть выполнена из легированной конструкционной стали, а верхняя — из высоколегированной штамповой стали. При совместном пластическом течении двух частей заготовки в кольцевую проточку *4* формируется неразъемное соединение между двумя частями заготовки.



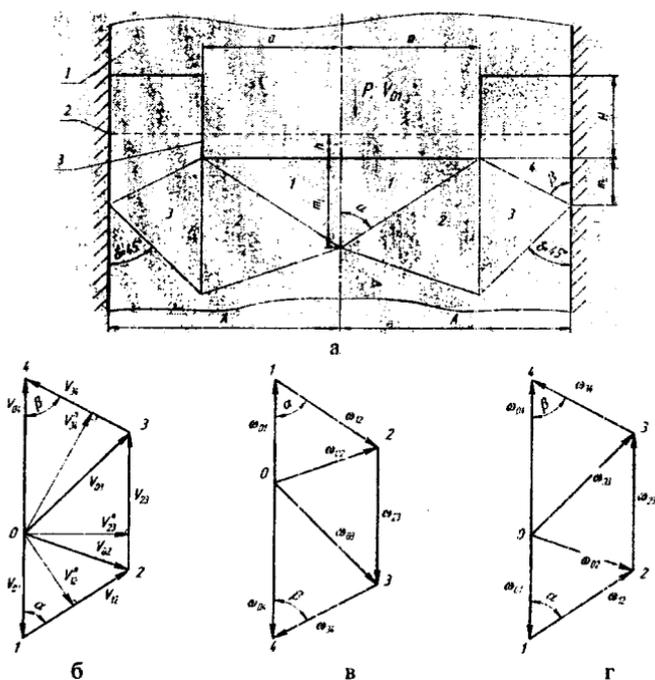
а — схема формообразования полости в верхней части заготовки;
б — схема затекания в кольцевую проточку

Рисунок 1 — Схема процесса скоростного ударного формообразования полости штампового инструмента типа «Матричная вставка»

Для определения усилия, действующего на пуансон *1* при выдавливании в заготовке *2* полости *3* и одновременном затекании в кольцевую проточку *4*, выполненную в боковой стенке полуматрицы *5* (рисунок 1), применен метод верхней оценки. Выбор метода обусловлен тем, что он позволяет учесть ряд динамических явлений, возникающих при взаимодействии пуансона *1* с заготовкой, кинематику процесса, провести анализ нестационарного нагруже-

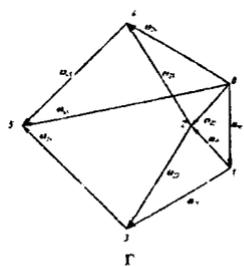
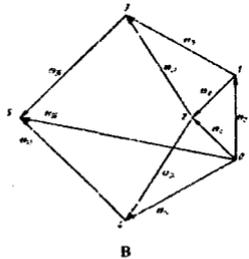
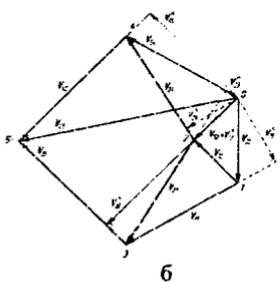
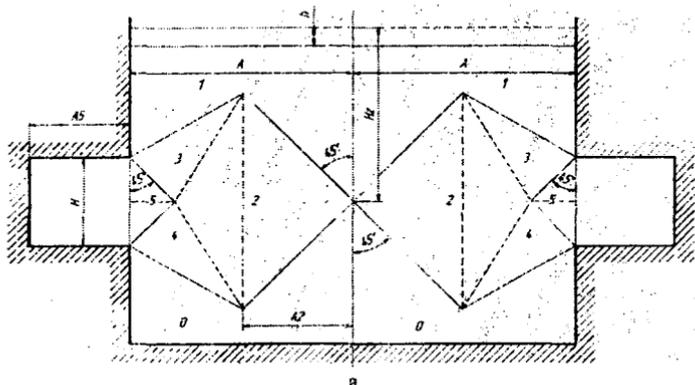
ния с учетом стадий процесса и получить решение в замкнутой аналитической форме. Для упрощения расчета усилия деформирования на основе метода верхней оценки рассмотрим два отдельных процесса выдавливания: 1) выдавливание полости в верхней части заготовки, рисунок 1, а; 2) выдавливание заготовки в кольцевую проточку, рисунок 1, б. Схемы кинематически возможных полей линий скольжения представлены на рисунках 2 и 3.

Для расчета усилия на основе метода верхней оценки в кинематически возможных полях линий скольжения, подвижные блоки обозначаются 1, 2, 3, 4 и 5 (см. рисунки 2, а и 3, а). Внешнюю неподвижную (по отношению к принятому полю) область назовем нулевым блоком и обозначим 0.



а – схема кинематически возможного поля линий скольжения;
 б – годограф скоростей подвижных блоков;
 в, г – годограф ускорений на стадии разгона и торможения

Рисунок 2 – Кинематически возможное поле линий скольжения при формообразовании полости в верхней части заготовки



а — схема кинематически возможного поля линий скольжения; б — годограф скоростей подвижных блоков; в, г — годограф ускорений на стадии разгона и торможения;

Рисунок 3 — Кинематически возможное поле линий скольжения при затекании металла в кольцевую проточку

В кинематически возможном поле, принятом для теоретического анализа, очаг пластической деформации находится внутри треугольного блока 2. Для полей такого класса характерно постоянное значение скорости и ускорения для всех точек данного блока. В то же время на граничных поверхностях между выделенными жесткими блоками допускается разрыв векторов скорости и ускорения. Рассмотрим разрыв вектора скорости при прохождении деформируемой среды через такую поверхность. На рисунке 4, а показан след L_{ν} поверхности разрыва скорости, перпендикулярной к плоскости течения, которая совпадает с плоскостью рисунка.

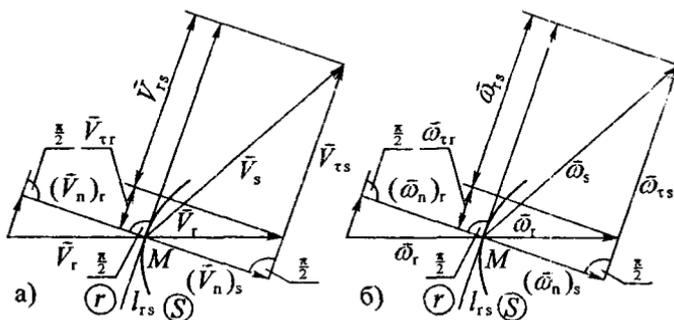


Рисунок 4 – Скачок векторов скорости (а) и ускорения (б) точек деформируемой среды при пересечении поверхности разрыва

Линия l_{rs} разделяет две области деформируемой среды r и s . В точке M на поверхности разрыва скорость области r задана вектором \vec{V}_r . При переходе в область s скорость меняется скачком до значения \vec{V}_s . Из условия неразрывности деформируемой среды следует, что ее поток до и после поверхности разрыва остается неизменным. Вследствие этого нормальные компоненты скорости $(\vec{V}_n)_r$ и $(\vec{V}_n)_s$ должны быть постоянными, а разрыв вектора скорости от \vec{V}_r до \vec{V}_s должен происходить только за счет его касательной к поверхности разрыва составляющей, то есть

$$\vec{V}_{rs} = \vec{V}_{\tau s} - \vec{V}_{\tau r}.$$

Как видно из рисунка 2, б разрыв вектора ускорения $\vec{\omega}_{rs}$, при прохождении деформируемой среды через поверхность разрыва, также происходит за счет касательной к этой поверхности компоненты

$$\vec{\omega}_{rs} = \vec{\omega}_{\tau s} - \vec{\omega}_{\tau r}.$$

Для теоретического исследования процесса разработана расчетная физико-математическая модель, основанная на следующих допущениях: материал заготовки однородный, несжимаемый, изотропный, жесткопластический, удовлетворяющий критерию текучести Губера-Мизеса; инструмент абсолютно жесткий; формирование очага пластической деформации происходит в начальной стадии соударения пуансона с заготовкой; вид поля линий скольжения в

каждый момент времени не зависит от абсолютной скорости и ее изменения (квазистатическая задача); силы инерции не оказывают влияния на кинематику формоизменения (псевдостационарное течение) [1, 2].

Результаты изучения деформированного состояния, приведенные в работах [1, 3], подтверждают, что принятое в расчетной модели допущение о псевдостационарном течении не искажает картину течения и достаточно точно соответствует реальным условиям нагружения. В рамках используемого допущения о псевдостационарном течении было принято, что вид кинематически возможного поля линий скольжения не изменяется в процессе деформирования (квазистатическое поле), а соответствующий данному полю годограф скорости (см. рисунки 2, б и 3, б) сохраняет свое первоначальное направление [1, 2].

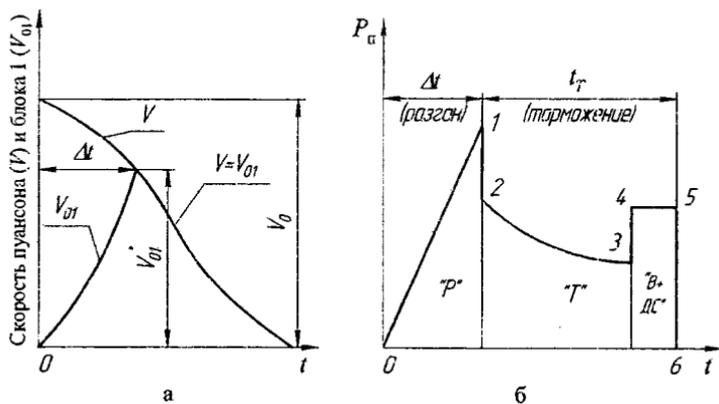
Учитывая принципы графостатики [4, 5], для построения вышеуказанного годографа вначале из точки 0 (полюс годографа) в точку 1 проводился направленный отрезок $\vec{V}_{01} = \vec{V}_0$ (\vec{V}_{01} и \vec{V}_0 – векторы скоростей блока 1 и пуансона I соответственно). Затем из этой же точки 0 проводился луч, параллельный вектору скорости во втором блоке, а из точки 1 – луч, параллельный линии раздела первого и второго блоков. Пересечение лучей происходит в точке 2. Вектор \vec{V}_{02} является скоростью во втором блоке, а вектор \vec{V}_{12} – скачком (разрывом тангенциальной составляющей) скорости на границе блоков 1 и 2. Далее из точки 0 проводился луч, параллельный вектору скорости в третьем блоке, а из точки 2 – луч, параллельный линии раздела второго и третьего блоков. Пересечение лучей происходит в точке 3. Вектор \vec{V}_{03} является скоростью в третьем блоке, а вектор \vec{V}_{23} – тангенциальным разрывом скорости на границе блоков 2 и 3.

На основании результатов исследований, приведенных в литературе [1, 2] примем допущение о том, что в рамках расчетной модели процесс скоростного выдавливания, реализуемого ударным воздействием пуансона на заготовку, вполне допустимо (при условии отсутствия избытка энергии ΔE на пуансоне) условно разделить на две стадии: разгона и торможения.

При этом будем считать, что скорость пуансона V на стадии разгона за время Δt уменьшается от V_0 до V^*_0 , а скорость блока 1 (V_{01}) деформируемой заготовки возрастает от нуля до V^*_0 (рисунок 5, а).

Расчетный график $P_n(t)$ (усилие на пуансоне – время), построенный на основании экспериментальных данных [1, 6] (см. рисунок 5, б), характеризуется линейным законом нарастания усилия на стадии разгона. В момент окончания стадии разгона (точка 1 на графике $P_n(t)$) примем, что на пуансон действует пиковая нагрузка. Движение пуансона и блока 1 в этот момент времени характеризуется максимальными значениями ускорений, различными по величине и направлению. Действие сил инерции в блоке 1, вследствие его ускоренного движения, направлено против движения пуансона [1, 2].

Для дальнейшего анализа процесса примем допущение о том, что завершение стадии разгона и начало стадии торможения во времени совпадают. При этом считается, что в момент перехода от одной стадии к другой происходит мгновенное выравнивание ускорений пуансона и блока 1 (без изменения общей скорости V_0 соударяющихся тел), сопровождаемое изменением направления действия сил инерции деформируемой заготовки на противоположное [1, 2]. При этом пуансон и присоединенная масса деформируемой заготовки перемещаются замедленно (кривая 2–3, рисунок 5, б).



а – совмещенная расчетная диаграмма $V_{01}(t)$ «скорость блока 1 – время» и $V(t)$ «скорость пуансона – время»; б – расчетная диаграмма $P_n(t)$ «усилие на пуансоне – время»

Рисунок 5 – Расчетные диаграммы

В момент полного пластического оформления полости происходит соударение внешнего кольцевого контура пуансона 1 с проде-

формированным металлом, который перемещается во встречном направлении. В результате этого столкновения на пуансон будет действовать дополнительная импульсная нагрузка, которую выразим вертикальным отрезком 3–4 на диаграмме $P_{\text{п}}(t)$ (рисунок 5, б).

При этом принимается, что остаточная кинетическая энергия ΔE_{∞} пуансона при достижении усилия, характеризуемого положением точки 4 на диаграмме $P_{\text{п}}(t)$, будет достаточной для совершения работы пластического формоизменения, необходимой для синхронного затекания двух материалов в кольцевую проточку 4 (см. рисунок 1, б).

Усилие, действующее на пуансон при заполнении кольцевой проточки 4, будем считать постоянным на всем пути деформирования (отрезок 4–5 на диаграмме $P_{\text{п}}(t)$, рисунок 5, б). После заполнения кольцевой проточки пуансон 1 (рисунок 1, б) совершает отскок от пковки и принимается, что усилие в момент окончания процесса мгновенно по линии 5–6 снижается до нуля.

Рассмотренные при построении годографа скоростей принципы графостатики были использованы и при построении годографов ускорений. Отличительным моментом здесь является то, что годографы ускорений, приведенные на рисунке 2, в, г и на рисунке 3, в, г, были построены с учетом противоположного направления векторов на стадиях разгона и торможения (следствие ударного воздействия пуансона на деформируемую заготовку) на основании рекомендаций [1, 2].

Литература

1. Качанов, И.В. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий / И.В. Качанов; под ред. Л.А. Исаевича. – Минск : УП «Технопринт», 2002. – 327с.
2. Дьяконов, О.М. Исследование процесса высокоскоростного выдавливания полостей различной формы: Автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.16.05/ Бел. политехн. ин-т. – Минск, 1979. – 23 с.
3. Высокоскоростное малоотходное деформирование металлов в штампах / Под ред. В.Г. Кононенко. – Харьков : Вища школа, 1985. – 176 с.
4. Томленов, А.Д. Теория пластического деформирования металлов / А.Д. Томленов. – М. : Металлургия, 1972. – 408 с.

5. **Сторожев, М.В.** Теория обработки металлов давлением. Учеб. для студентов вузов / М.В. Сторожев, Попов Е.А. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 423с.

6. **К вопросу регистрации силовых параметров при высокоскоростном деформировании / И.В. Качанов [и др.] // Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр. – Минск: Выш. школа, 1977. – Вып. 10. – С. 75–81.**

УДК 621.7.044

И.В. КАЧАНОВ, д-р техн. наук,
М.В. КУДИН, канд. техн. наук,
С.А. ЛЕНКЕВИЧ (БНТУ)

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ МЕТОДОМ СКОРОСТНОГО ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Конкурентоспособность промышленной продукции Республики Беларусь предопределяет необходимость разработки и применения малоотходных ресурсосберегающих технологий. В этой связи актуально создание новых технологий для получения недорогих, но в то же время качественных (с повышенными эксплуатационными свойствами) формообразующих деталей штамповой оснастки.

Анализ технологических процессов изготовления формообразующих деталей показывает, что 40–75 % от общего времени изготовления идет на образование полости [1, 2].

Известные способы изготовления формообразующих полостей в деталях технологической оснастки методом холодного и полугорячего выдавливания исчерпали свои возможности в части обработки высокоуглеродистых и легированных сталей из-за высоких удельных давлений выдавливания. В этой связи большими потенциальными возможностями обладают технологические процессы скоростного горячего выдавливания.

Поскольку высокоскоростная штамповка обеспечивает получение точных заготовок с повышенными механическими свойствами, она